

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-078125

(43)Date of publication of application : 14.03.2003

(51)Int.Cl.

H01L 27/148

H01L 27/14

H04N 5/335

(21)Application number : 2001-265937

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 03.09.2001

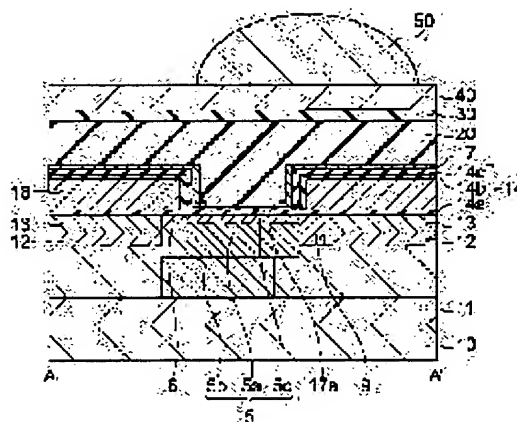
(72)Inventor : OHASHI MASANORI

## (54) SOLID-STATE IMAGING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a solid-state imaging device that can prevent the occurrence of smear even around an imaging part where a tilt light enters, and to improve the sensitivity.

**SOLUTION:** This solid-state imaging device is provided with a substrate 10 in which a plurality of light receiving parts 5 are formed to receive a light and generate signal charge. The light receiving part 5 is formed in a manner that a potential profile in the direction in depth of the substrate 10 varies in correspondence with the respective position of the light receiving parts within the plane of the substrate. For example, because a tilt light advancing from the inside of the substrate 10 to the outside or from the outside thereof to the inside enters around an imaging part, the potential profile of the light receiving part 5 that is formed around the substrate 10 has such a structure that it is directed in the advancing direction of the tilt light within the light receiving part 5. Thus, the tilt light is efficiently and photoelectrically converted to signal charge and it is accumulated in the light receiving part 5.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-78125

(P2003-78125A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 27/148		H 0 4 N 5/335	U 4 M 1 1 8
27/14			V 5 C 0 2 4
H 0 4 N 5/335		H 0 1 L 27/14	B
			D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-265937(P2001-265937)

(22) 出願日 平成13年9月3日 (2001.9.3)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 大橋 正典

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

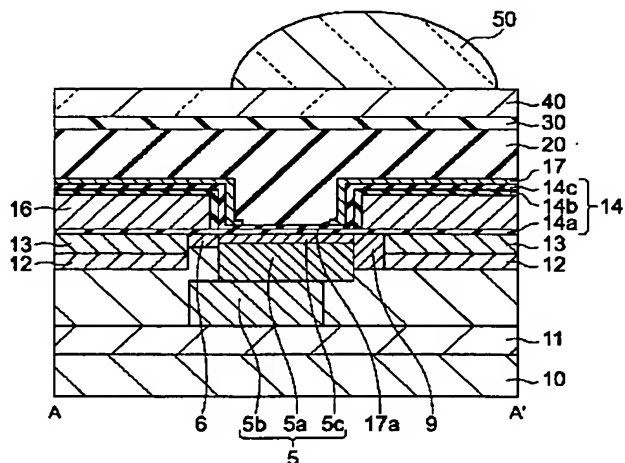
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 斜め光が入射する撮像部の周辺部においてもスミアの発生を抑制して、感度を向上させることができる固体撮像装置を提供する。

【解決手段】 光を受光して信号電荷を発生する受光部5が基板10に複数形成されている固体撮像装置であつて、受光部5は、基板面内における当該各受光部5の位置に応じて、基板10の深さ方向のポテンシャルプロファイルが異なるように形成されている。例えば、撮像部の周辺部においては、基板10の内側から外側、あるいは基板10の外側から内側にかけて進行する斜め光が入射してくることから、基板10の周辺部に形成された受光部5のポテンシャルプロファイルを、受光部5内における斜め光の進行方向へ向けて傾けた構造とすることにより、斜め光が受光部5内で有効に光電変換されて信号電荷として蓄積される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】光を受光して信号電荷を発生する受光部が基板に複数形成されている固体撮像装置であって、前記受光部は、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じて、前記基板の深さ方向のポテンシャルプロファイルが異なるように形成されている固体撮像装置。

【請求項 2】前記受光部は、所定の深さにまで形成され、信号電荷が主に蓄積される第 1 の受光部と、前記第 1 の受光部下に形成され、光を受光して信号電荷を発生する第 2 の受光部とを有し、前記第 1 の受光部に対する前記第 2 の受光部の位置が、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じて、異なるように形成されている請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 3】前記基板面内における中央部から周辺部へいくに従って、前記第 1 の受光部に対する前記第 2 の受光部の位置のずれが大きくなるように形成されている請求項 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 4】前記基板および前記受光部は第 1 導電型であり、前記受光部下に形成され、オーバーフローバリアとなる第 2 導電型領域をさらに有する請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 5】前記受光部の上方に形成され、前記受光部へ向けて光を集光するオンチップレンズをさらに有する請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 6】各受光部に対応する前記オンチップレンズの光軸中心が、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じて異なるように形成されている請求項 5 記載の固体撮像装置。

【請求項 7】前記基板面内における中央部から周辺部へいくに従って、前記受光部に対する前記オンチップレンズの光軸中心の位置のずれが大きくなるように形成されている請求項 6 記載の固体撮像装置。

【請求項 8】前記受光部の上方に形成され、前記受光部へ向けて光を集光するオンチップレンズをさらに有し、各受光部に対応する前記オンチップレンズの光軸中心が、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じてずれて形成され、前記第 1 の受光部に対する前記第 2 の受光部の位置が、前記オンチップレンズのずれている方向とは逆の方向にずれている請求項 3 記載の固体撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、入射光を有効に光電変換するため受光部を基板深く形成している固体撮像装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、CCD 固体撮像素子は、画質の向上が非常に強く要請されている。その要請に応えるため

には、画素数を増やして解像度を高くすることと、感度の向上を行うことが必要であり、そのため、画素の配列密度を高くしつつ、さらに画素を小型化する必要がある。

【0003】ところが、画素サイズを縮小した場合、単位画素に入射する光量は減少し、各画素の受光部の感度特性が低下するという不具合が生じてしまう。ここで、感度向上目的で受光部の開口を大きくする、すなわち、遮光膜の開口部を大きくすると、電荷転送部への光の混入によるスミアが発生しやすくなるので、受光部の開口を大きくするには限界がある。

【0004】この観点から、受光部上方に設けたオンチップカラーフィルタ上にオンチップレンズを設け、受光部への集光効率を高める工夫がなされている。

【0005】一方、CCD 固体撮像素子では、スミアの抑制技術が必須である。これまでは、スミアの抑制技術として、遮光膜の材質や、遮光膜のカバレッジ向上による直接透過光の抑制や、シリコン基板表面側で発生するシリコン基板表面と遮光膜裏面の多重反射によるスミア防止のための遮光膜のセンサー領域への張り出し量の増加、および遮光膜の張り出し部下における酸化膜の薄膜化等が行われてきた。

【0006】近年、上述した画素サイズの縮小および使用するレンズの小型化による短射出瞳レンズが使用されることにより、各種スミア発生モードのうち比較的深いシリコン基板バルク中で光電変換された電荷が垂直転送部に流れ込むモードのスミアが無視できなくなってきた。

【0007】特に、有効画素周辺部では、短射出瞳距離レンズの効果で斜め光成分が入射しやすくなるため、有効画素周辺部でスミアが急激に悪化するスミアシェーディングの発生が顕著になってきている。

【0008】このスミアシェーディング対策の一つとして、CCD 上に形成されるオンチップマイクロレンズ形成用フォトリソマスクにマスク描画時の倍率補正を行うことで、微小サイジングを施し、有効画素領域周辺においてセンサー開口部に対してオンチップマイクロレンズが光学中心方向にオフセットすることで斜め光に対しても有効にセンサー開口中心に集光する構造にすることが行われている。

【0009】このように、セルの微細化に伴う感度の減少およびスミアの抑制のため、従来では、オンチップレンズ等のような上層膜の構造を工夫することにより、有効に光を受光部に取り込むようにしていたが、例えば  $4 \times 4 \mu\text{m}$  以下の画素サイズを有する CCD 固体撮像素子では、オンチップレンズ単独で集光効率を高めることは、ほぼ限界に近づいている。

【0010】従って、近年、シリコン基板の深くで光電変換される電荷をも有効に信号電荷として取り出せるよう、受光部を従来のものよりも深く形成する動きにあ

る。

【0011】図11および図12に、上記のオンチップレンズを有し、かつ、受光部を深く形成している固体撮像素子の断面図を示す。なお、図11は、撮像部の中央部における画素の一断面図に対応しており、図12は、撮像部の周辺部における画素の一断面図に対応している。

【0012】図11および図12に示すように、n型のシリコン基板10に、信号電荷を発生し一定期間当該信号電荷を蓄積する受光部5'が基板深くにまで形成されており、当該受光部5'下には余分な電荷を掃き捨てるためのオーバーフローバリアを形成するp型不純物領域11が形成されている。

【0013】また、基板10には、p型ウェル12が形成され、当該p型ウェル内には、n型不純物領域からなり電荷を転送する電荷転送部13が形成されている。受光部5'と一方の電荷転送部13との間には、可変ポテンシャル領域を形成するp型不純物領域からなる読み出しゲート部6が形成され、受光部5'と他方の電荷転送部13との間には、高濃度のp型不純物領域からなるチャネルストッパ9が基板深部にまで形成されている。

【0014】基板10上には、酸化シリコン等の絶縁膜14を介して転送電極16が形成されており、当該転送電極16を被覆するようにして、絶縁膜14を介して遮光膜17が形成されており、遮光膜17には、受光部5'の上方に開口部が形成されている。また、遮光膜17は、受光部5'内に若干張り出すように形成されている。

【0015】遮光膜17を被覆して全面に、例えば、酸化シリコン等からなる平坦化膜20が形成されており、平坦化膜20上には、例えば、窒化シリコン等からなるパッシベーション膜30が形成されている。

【0016】パッシベーション膜30上に、オンチップカラーフィルタ(OCCF)40が形成されており、オンチップカラーフィルタ40上には、光透過材料からなるオンチップレンズ(ACL)50が形成されている。

【0017】ここで、図11に示すように、撮像部の中央部においては、オンチップレンズ50の光軸が受光部5'のほぼ中心にくるように形成されており、図12に示すように、撮像部の周辺部においては、オンチップレンズ50の光軸が受光部5'に対して光の入射方向にシフトして形成されており、これにより撮像部の周辺部において斜め光をも有効に受光部5'に集光できる構造となっている。

【0018】図13に、上記の受光部5'の構造およびそれに伴うポテンシャルプロファイルを示す。なお、図13(a)は、従来の受光部のポテンシャルプロファイルであり、図13(b)は近年の受光部5'を基板深くまで形成している場合のポテンシャルプロファイルである。

【0019】従来、図13(a)に示すように、受光部は、入射光が光電変換された後、電荷の蓄積を行うn型不純物領域と、n型不純物領域の基板表面部分に形成され、界面準位によって発生する電荷の湧き出し(暗電流)を抑制するための高濃度にp型不純物を含有するp+不純物領域とを有し、受光部下にはオーバーフローバリアOFBを形成するp型不純物領域が形成されている。

【0020】それに比して、近年では、図13(b)に示すように、さらにオーバーフローバリアを形成するp型不純物領域を基板深くに形成しておき、入射光が光電変換された後、電荷の蓄積を行う高濃度にn型不純物を含有するn+不純物領域と上記のp型不純物領域との間を繋ぐように、低濃度にn型不純物を含有するn-不純物領域が形成されており、これにより、受光部の空乏層を滑らかに伸ばすようにしている。この構造においては、n-不純物領域は注入エネルギーを変えて多段階でイオン注入して形成する。

【0021】図11に示すように、上記の固体撮像素子では、入射した光L1は、オンチップレンズ50により受光部5'に集光され、受光部5'で光電変換され、入射光量に応じた量の信号電荷が発生する。この電荷は、受光部5'内のn+不純物領域内で一定期間蓄積され、後に信号電荷として読み出されることとなる。ここで、受光部5'を深く形成していることから、基板深くにおいて光電変換した光によって発生した信号電荷を基板10側に捨てずに有効に、n+不純物領域において蓄積することができ、感度を向上させることができる。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】一方、図12に示すように、撮像部の周辺部に配された画素においては、オンチップレンズ50の光軸が光の入射方向にシフトしていることから、斜め光L2がオンチップレンズ50により有効に受光部5'に集光されることとなる。しかしながら、受光部5'を深さ方向において深く形成している場合であっても、斜めから入ってくる光は、受光部5'の形成領域とははずれた位置において光電変換されて、当該光電変換された信号電荷が受光部5'に有効に蓄積されずに、電荷転送部13へ漏れこんでしまう場合があった。

【0023】すなわち、電荷を基板側にできるだけ捨てずに有効に取り込むため受光部を基板深くにまで形成する手法は、特に撮像部の周辺部において、先に述べたシリコンバルク中で光電変換された電荷が垂直転送部に流れ込むスミア発生モードについての有効な対策とはならず、光電変換された電子の一部は電荷転送部13に漏れ込んでしまい、スミアシェーディングが発生してしまうという問題があった。

【0024】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、斜め光が入射する撮像部の周辺部

においてもスミアの発生を抑制して、感度を向上させることができる固体撮像装置を提供することにある。

#### 【0025】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の固体撮像装置は、光を受光して信号電荷を発生する受光部が基板に複数形成されている固体撮像装置であって、前記受光部は、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じて、前記基板の深さ方向のポテンシャルプロファイルが異なるように形成されている。

【0026】前記受光部は、所定の深さにまで形成され、信号電荷が主に蓄積される第1の受光部と、前記第1の受光部下に形成され、光を受光して信号電荷を発生する第2の受光部とを有し、前記第1の受光部に対する前記第2の受光部の位置が、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じて、異なるように形成されている。

【0027】前記基板面内における中央部から周辺部へいくに従って、前記第1の受光部に対する前記第2の受光部の位置のずれが大きくなるように形成されている。

【0028】前記基板および前記受光部は第1導電型であり、前記受光部下に形成され、オーバーフローバリアとなる第2導電型領域をさらに有する。

【0029】前記受光部の上方に形成され、前記受光部へ向けて光を集光するオンチップレンズをさらに有する。各受光部に対応する前記オンチップレンズの光軸中心が、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じて異なるように形成されている。前記基板面内における中央部から周辺部へいくに従って、前記受光部に対する前記オンチップレンズの光軸中心の位置のずれが大きくなるように形成されている。

【0030】前記受光部の上方に形成され、前記受光部へ向けて光を集光するオンチップレンズをさらに有し、各受光部に対応する前記オンチップレンズの光軸中心が、前記基板面内における当該各受光部の位置に応じてずれて形成され、前記第1の受光部に対する前記第2の受光部の位置が、前記オンチップレンズのずれている方向とは逆の方向にずれている。

【0031】上記の本発明の固体撮像装置では、受光部は、基板面内における当該各受光部の位置に応じて、基板の深さ方向のポテンシャルプロファイルが異なるように形成されている。従って、入射光を受光部において受光する際に、基板の特に周辺部においては、基板の内側から外側、あるいは基板の外側から内側にかけて進行する斜め光が入射してくることから、基板の周辺部に形成された受光部のポテンシャルプロファイルを、受光部内における斜め光の進行方向へ向けて傾けた構造とすることにより、斜め光が受光部内で有効に光電変換されて信号電荷として蓄積される。また、基板の中央部においては、周辺部に比してそれほど斜め光が入射されないことから、基板に垂直方向に伸ばしたポテンシャルプロファ

イルとすることで、基板深くで光電変換された電荷をも信号電荷として蓄積されるようになる。このとき、基板の中央部から周辺部へいくに従って、基板面の法線に対する入射光の角度が大きくなって斜め光が入射しやすくなることから、上記の傾き具合も、基板の中央部から周辺部へいくに従って連続的に大きくなるように形成されていることが好ましい。

#### 【0032】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の固体撮像装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0033】図1は本実施形態に係る固体撮像装置の主要な構成を示す図である。本実施形態に係る固体撮像装置1は、撮像部2、水平転送部3、出力部4を有する。出力部4は、例えば、フローティングゲートにて構成された電荷-電圧変換部4aを有する。

【0034】撮像部2は、受光部5、読み出しゲート部6および垂直転送部7からなる画素8を、平面マトリクス状に多数配置させて構成されている。各画素8間は、不図示のチャンネルストッパで電氣的に干渉しないように分離されている。

【0035】垂直転送部7は、受光部5の列ごとに共通化され所定の本数、配置されている。撮像部2に、垂直転送部7を駆動する4相のクロック信号 $\phi V1$ 、 $\phi V2$ 、 $\phi V3$ 、 $\phi V4$ が入力される。水平転送部3に、これを駆動する2相のクロック信号 $\phi H1$ 、 $\phi H2$ が入力される。

【0036】上記の水平転送部3および垂直転送部7は、半導体基板の表面側に不純物が導入されて形成されたマイノリティ・キャリアの電位井戸と、絶縁膜を介在させた基板上に互いに絶縁分離して繰り返し形成された複数の電極（転送電極）とから構成されている。これらの転送部3、7には、その転送電極に対して上記したクロック信号 $\phi V1$ 、 $\phi V2$ 、 $\phi V3$ 、 $\phi V4$ 、 $\phi H1$ 、 $\phi H2$ がそれぞれ周期的に位相をずらして印加される。これら転送部3、7は、転送電極に印加されるクロック信号に制御されて上述した電位井戸のポテンシャル分布が順次変化し、この電位井戸内の電荷をクロック信号の位相ずれ方向に転送する、いわゆるシフトレジスタとして機能する。

【0037】図2は、図1に示す撮像部2における要部拡大平面図である。図2に示すように、矩形形状の受光部5が、水平および垂直方向にマトリクス状に複数配置されている。

【0038】マトリクス状に配置された受光部5間において、第1層目のポリシリコンからなる第1転送電極15が水平方向に延伸して形成されている。第1転送電極15は、受光部5の両側部において、垂直方向に若干延びた矩形形状を有している。

【0039】また、第1転送電極15上には、第2層目のポリシリコンからなる第2転送電極16が延伸して形

成されている。第2転送電極16は、受光部5の両側部において、垂直方向に隣接した第1転送電極15と重なるように延びた矩形形状を有している。

【0040】図3に、撮像部2の中央部における図2のA-A'線に対応する断面図を示し、図4に撮像部2の周辺部における図2のA-A'線に対応する断面図を示す。

【0041】図3および図4に示すように、n型のシリコン基板10に、信号電荷を発生し一定期間当該信号電荷を蓄積する受光部5が基板深くにまで形成されており、当該受光部5下には余分な電荷を掃き捨てるためのオーバーフローバリアを形成するp型不純物領域11が形成されている。p型不純物領域11は、例えば、基板面から4 $\mu$ m程度の深さの位置に形成されている。

【0042】受光部5は、入射光が光電変換された後、電荷の蓄積を行う高濃度にn型不純物を含有するn<sup>+</sup>不純物領域5aと、n<sup>+</sup>型不純物領域5aとp型不純物領域11との間を繋ぐように形成された、低濃度にn型不純物を含有するn<sup>-</sup>不純物領域5bとを有し、これにより、受光部の空乏層を滑らかに伸ばすようにしている。また、n<sup>+</sup>不純物領域5aの基板表面部分に形成され、界面準位によって発生する電荷の湧き出し（暗電流）を抑制するための高濃度にp型不純物を含有するp<sup>+</sup>不純物領域5cが形成されている。なお、n<sup>+</sup>不純物領域5aは、例えば、基板面から0.5 $\mu$ m程度の深さにまで形成されており、n<sup>-</sup>不純物領域5bは、例えば、基板面から0.5 $\mu$ m程度の深さから4 $\mu$ m程度の深さにまで形成されている。

【0043】図3および図4に示すように、撮像部2の中央部においては、n<sup>+</sup>型不純物領域5aの直下にn<sup>-</sup>不純物領域5bが形成されており、撮像部2の周辺部においては、n<sup>+</sup>不純物領域5aに対して所定量だけ平面方向にシフトして、n<sup>-</sup>不純物領域5bが形成されている。

【0044】このn<sup>-</sup>不純物領域5bは、使用するカメラレンズの射出瞳距離がマイナスの場合は、撮像部2の周辺部において、撮像部の中央から周辺に向かう光が入射することから、受光部5のn<sup>-</sup>不純物領域5bが撮像部の中央部から周辺部に行くに従い、n<sup>+</sup>不純物領域5aに対して周辺方向へのオフセット量が連続的に増えるように形成されている。反対に、射出瞳距離がプラスの場合は、撮像部2の周辺部において、撮像部の周辺から中央に向かう光が入射することから、受光部5のn<sup>-</sup>不純物領域5bが撮像部の中央部から周辺部に行くに従い、n<sup>+</sup>不純物領域5aに対して中央方向へのオフセット量が連続的に増えるように形成されている。

【0045】また、基板10には、p型ウェル12が形成され、当該p型ウェル12内には、n型不純物領域からなり電荷を転送する電荷転送部13が形成されている。電荷転送部13は、例えば、基板面から0.2 $\mu$ m

程度の深さにまで形成されている。受光部5と一方の電荷転送部13との間には、可変ポテンシャル領域を形成するp型不純物領域からなる読み出しゲート部6が形成され、受光部5と他方の電荷転送部13との間には、高濃度のp型不純物領域からなるチャネルストッパ9が基板深部にまで形成されている。

【0046】基板10上には、酸化シリコンなどの絶縁膜14aが形成され、電荷転送部13上には絶縁膜14aを介して、図示しない領域において、図2に示した第1層目のポリシリコンなどからなる第1転送電極15が形成されている。また、第1転送電極15と一部が重なり合う状態で、絶縁膜14a上には、第2転送電極16が形成されている。

【0047】第2転送電極16の表面を被覆して、酸化シリコンなどの絶縁膜14bが形成されており、図示しないが、第1の転送電極15の表面にも同様な絶縁膜が形成されている。また、絶縁膜に被覆された第1および第2の転送電極15、16を被覆して、遮光膜との耐圧性確保および寄生容量低減のために、さらに、酸化シリコンからなる絶縁膜14cが全面に形成されている。

【0048】このように、第1および第2転送電極15、16は、絶縁膜14a、14b、14cからなる絶縁膜14に埋め込まれて形成されている。なお、図3および図4に示す電荷転送部13と転送電極15、16が、図1に示す垂直転送部7に相当する。

【0049】絶縁膜14上には、転送電極15、16を被覆するように、例えば、タングステン(W)などの高融点金属からなる遮光膜17が形成されており、当該遮光膜17には、受光部5の上方に開口部17aが形成されている。また、遮光膜17は、受光部5内に若干張り出すように形成されている。このように、遮光膜17が転送電極15、16を被覆し、かつ、受光部5内に若干張り出すように形成されているのは、遮光膜17の電荷転送部13に対する遮光性を高めてスミアを抑えるためである。

【0050】遮光膜17を被覆して全面に、例えば、酸化シリコンなどからなる平坦化膜20が形成されており、平坦化された平坦化膜20の表面を被覆して全面に、例えば、窒化シリコンからなるパッシベーション膜30が形成されている。

【0051】パッシベーション膜30上に、オンチップカラーフィルタ(OCCF)40が形成されている。オンチップカラーフィルタ40は、原色系のカラーコーディング方式では赤(R)、緑(G)、青(B)のいずれかに着色され、補色系では、例えば、シアン(Cy)、マゼンタ(Mg)、イエロー(Ye)、緑(G)などのいずれかに着色されている。

【0052】オンチップカラーフィルタ40上に、ネガ型感光樹脂などの光透過材料からなるオンチップレンズ(OC L)50が形成されている。オンチップレンズ5

0は遮光膜上方の光も有効利用して受光部5内に入射させるため、無効領域となる隙間をできるだけ少なくするように形成されている。図3および図4に示すように、撮像部2の中央部においては、受光部5の直上にオンチップレンズ50が形成されており、撮像部2の周辺部においては、受光部5に対して所定量だけ平面方向にシフトして、オンチップレンズ50が形成されている。

【0053】すなわち、オンチップレンズ50は、使用するカメラの射出瞳距離に合わせて位置補正を行っており、例えば、射出瞳距離がマイナスの場合は、撮像部2の周辺部において、撮像部の中央から周辺に向かう光が入射することから、受光部5に対するオンチップレンズ50の位置が、撮像部の中央部から周辺部に行くに従い、中央方向へのオフセット量が連続的に増えるように形成されている。反対に、射出瞳距離がプラスの場合は、撮像部2の周辺部において、撮像部の周辺から中央に向かう光が入射することから、受光部5に対するオンチップレンズ50の位置が、撮像部の中央部から周辺部に行くに従い、周辺方向へのオフセット量が連続的に増えるように形成されている。

【0054】上記構成の本実施形態に係る固体撮像装置の動作について説明する。図5に、撮像部の周辺部における光の光電変換作用を説明するための断面図を示す。

【0055】入射した光は、オンチップレンズ50により受光部5に集光され、受光部5に入射光が入ると、基板10に対して逆バイアスされたフォトダイオード（受光部5）で光電変換され、入射光量に応じた量の電荷が発生する。この電荷は、受光部5内の $n^+$ 不純物領域5a内で一定期間蓄積される。

【0056】この光電変換の際に、図3に示す撮像部2の中央部においては、受光部5の上に形成されたオンチップレンズ50から集光される光のほとんどは基板深くまで形成した受光部5内において光電変換されて、受光部5の主に $n^+$ 不純物領域5a内で一定期間蓄積される。

【0057】一方、撮像部2の周辺部においては、図5に示すように、斜め光L2を有効に取り込むためにオンチップレンズ50の光軸は、受光部5に対して光の入射方向にシフトして形成されており、このオンチップレンズ50により導かれる光も受光部5に対して斜めに入射することとなる。

【0058】このとき、本実施形態では、基板10の比較的深い領域に形成される $n^-$ 不純物領域5bが、基板内において斜め光L2が進行する方向にシフトして形成されていることから、当該斜め光L2を光電変換させるための領域の長さが実質的に長くなり、斜め光L2をも有効に信号電荷として取り出せることとなる。このことは、斜め光L2が受光部5からはずれた位置で光電変換されるのを防止でき、その結果、当該電荷が電荷転送部13へ漏れこんでスミアが発生することを防止すること

ができる。

【0059】以降の動作としては、第2転送電極16に読み出し電圧が印加されて、電荷が電荷転送部13へ転送され、さらに、転送電極15、16に対してそれぞれ周期的に位相をずらして転送電圧が印加され、電荷が垂直方向に転送されて、水平転送部3に送られていく。そして、水平転送部3に送られた電荷は水平方向に転送され、出力部4から時系列な画像信号として取り出されることになる。

【0060】以上のように、本実施形態に係る固体撮像装置によれば、撮像部2の中央部においては、とくに構造的な変化はないが、撮像部の周辺部においては、図4に示すように、受光部5のポテンシャルプロファイルが中心あるいは周辺方向に向かって傾いた構造となっていることから、斜め光が入射する撮像部の周辺部においても、基板深くで光電変換された電荷が効果的に受光部5の $n^+$ 不純物領域5a内に蓄積されるため、有効に信号電荷を取り出すことができ、かつ、スミア成分の発生を抑制することができる。また、上述した構造では、比較的、基板表面側の受光部5のプロファイルには影響がないため、読み出し電圧やブルーミング特性に対しての影響もなく、受光部5を2次的に全体的に広げてしまう構造に比べても、隣接する画素どうしの混色も起きにくく、スミア以外の他の特性への影響は少ないと考えられる。

【0061】次に、上記の本実施形態に係る固体撮像装置の製造方法について、図6(a)～図10(j)を用いて説明する。なお、図6(a)～図10(j)は、撮像部2の周辺部における工程断面図を示しており、図4に対応するものである。

【0062】まず、図6(a)に示すように、 $n$ 型のシリコン基板10に、例えば、イオン注入法により、 $p$ 型不純物としてボロン(B)を、3～10MeV程度の注入エネルギーで注入して、基板面から4 $\mu$ m程度の深さの部分に、オーバーフローバリアとなる $p$ 型不純物領域11を形成する。

【0063】次に、図6(b)に示すように、 $n$ 型のシリコン基板10に、例えば、イオン注入法により、砒素(As)やリン(P)等の $n$ 型不純物を $2 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{12}$  atoms/cm<sup>2</sup>程度の濃度で注入して、 $n^-$ 不純物領域5bを形成する。この $n^-$ 不純物領域5bは、基板面から約0.5 $\mu$ m程度の深さから約4 $\mu$ m程度の深さに渡って形成する必要があることから、注入エネルギーを変えて複数回イオン注入することにより形成する。

【0064】この $n^-$ 不純物領域5bを形成する際に、使用するカメラレンズの射出瞳距離に合わせて、撮像部の周辺部にいくに従い、後に形成する $n^+$ 不純物領域5aに対して、連続的にオフセット量が増えるようにシフトさせて形成する必要がある。従って、 $n^-$ 不純物領域



形成のためのイオン注入マスク描画用の基準のCADデータにプラスあるいはマイナスのスケールをかけて、イオン注入用マスクを製造することで、製造されるフォトマスクは、撮像部の周辺部に向かうに従って、イオン注入パターンが撮像部の周辺方向あるいは中央方向にずれていくイオン注入パターンとなる。例えば、 $4 \times 4 \mu\text{m}$ の画素サイズで、水平方向画素数が760ビットの場合は、スケール倍率を1.0007倍とすることで撮像部の周辺部では、イオン注入パターンが後に形成する $n^+$ 不純物領域5aに対して約 $1 \mu\text{m}$ ずれることとなる。このようにして作製されたイオン注入用マスクを用いて形成された $n^-$ 不純物領域5bは、撮像部の周辺部において、図4に示すように画素中心から大きくずれた構造を有することとなる。

【0065】次に、図7(c)に示すように、基板10の全面にp型不純物を所定条件でイオン注入して、後に読み出しゲート部となる読み出しゲート部用領域6aを形成する。

【0066】次に、図7(d)に示すように、電荷転送部形成領域に所定の条件で、p型不純物をイオン注入して電荷転送部用のp型ウェル12を形成し、n型不純物をイオン注入して電荷転送部13を形成する。続いて、チャンネルストッパ形成領域に、p型不純物を高濃度にイオン注入してチャンネルストッパ9を形成する。

【0067】次に、図8(e)に示すように、基板10上に、例えば、熱酸化法により、酸化シリコン膜などを堆積させ絶縁膜14aを形成し、絶縁膜14a上に、不図示の領域において第1転送電極をパターンニング形成し、絶縁膜を介して第1転送電極上に一部が重なるように、第2転送電極16をパターンニング形成する。続いて、当該第1および第2転送電極15、16をマスクとして、例えば、イオン注入法により、砒素(As)やリン(P)等のn型不純物を $1 \times 10^{12} \sim 2 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^2$ 程度の濃度で注入して、第1および第2転送電極15、16に対して自己整合的に $n^+$ 不純物領域5aを形成する。

【0068】次に、図8(f)に示すように、熱酸化法により第2転送電極16を被覆する絶縁膜14bを形成した後、後に形成する遮光膜17との耐圧確保および寄生容量低減のために、例えば、CVD法により、全面に酸化シリコンを堆積させ絶縁膜14cを形成する。そしてさらに、絶縁膜14cで覆われた第1および第2転送電極15、16をマスクとして、所定条件で高濃度にp型不純物をイオン注入して、絶縁膜14cに被覆された第1および第2転送電極15、16に対して、自己整合的に $p^+$ 不純物領域5cを形成する。このとき、図7

(c)に示す工程で形成した読み出しゲート部用領域6aのうち、上記の各種の不純物領域形成後に残った領域が読み出しゲート部6として、受光部5と電荷転送部13との間に形成されることとなる。なお、以降の工程に

おいて、絶縁膜14a、14b、14cを絶縁膜14と称する。

【0069】次に、図9(g)に示すように、転送電極15、16を被覆するように、絶縁膜14上にタングステン(W)などの高融点金属をCVD法により堆積させ、当該高融点金属膜を受光部5の上方で開口部17aを有するようにパターンニングして遮光膜17を形成する。

【0070】次に、図9(h)に示すように、遮光膜17およびその開口部17a内を被覆して全面に、CVD法により、例えば、酸化シリコンを堆積させて、平坦化膜20を形成する。続いて、平坦化膜20の上にレジストを塗布した全面エッチバック法、あるいは、CMP (Chemical Mechanical Polishing)法により、平坦化膜20の表面を平坦化する。

【0071】次に、図10(i)に示すように、平坦化膜23を被覆して全面に、プラズマCVD法により窒化シリコンを堆積させて、パッシベーション膜30を形成する。

【0072】次に、図10(j)に示すように、パッシベーション膜30上に、例えば、染色法によりオンチップカラーフィルタ40を形成する。染色法では、カゼインなどの高分子に感光剤を添加して塗布し、露光、現像、染色および定着を色ごとに繰り返す。その他、分散法、印刷法または電着法等を用いてオンチップカラーフィルタ40を形成してもよい。

【0073】そして、最後に、例えば、所定の曲率を有するレンズ形状のレジストパターンをマスクとしたエッチングにより、ネガ型感光性樹脂などの光透過性樹脂を加工してオンチップレンズ50を形成する。なお、このオンチップレンズ50の形成の際にも、公知の手法によって、撮像部の中央部から周辺部にいくに従い、オンチップレンズ50の光軸が受光部5に対して、光の入射方向へ連続的にオフセット量が増えるようにシフトさせて形成する。以上により、上述した効果を有する固体撮像装置が製造される。

【0074】上記の本実施形態に係る固体撮像装置の製造方法によれば、基板深くで光電変換された電荷をも有効に受光部に蓄積させるために、注入エネルギーを複数回変えて、多段階でイオン注入して受光部を形成させる場合に、このイオン注入の際の $n^-$ 不純物領域5bの形成のためのイオン注入マスクの注入パターンを変えるのみで、製造工程を増加させることなく、上述した効果を奏する固体撮像装置を製造することができる。

【0075】本発明の固体撮像装置は、上記の実施形態の説明に限定されない。例えば、本実施形態においては、 $n^-$ 不純物領域5bの形成工程において、注入エネルギーを複数回変えてイオン注入するとしたが、これに限られるものでなく、例えば、注入エネルギーの他に、不純物濃度を変化させることも有効である。また、例え

ば、基板の上層構造については特に制限はなく、例えば、オンチップレンズ50と受光部5との間に層内レンズを設けてもよい。また、本実施形態においては、インターライン転送方式の固体撮像装置について説明したが、これに限られるものでなく、他の転送方式の固体撮像装置にも適用できる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。

#### 【0076】

【発明の効果】本発明の固体撮像装置によれば、斜め光が入射する撮像部の周辺部においてもスミアの発生を抑制して、感度を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る固体撮像装置の概略構成部である。

【図2】本実施形態に係る固体撮像装置の撮像部における要部拡大平面図である。

【図3】撮像部の中央部における図2のA-A'線に沿った断面図である。

【図4】撮像部の周辺部における図2のA-A'線に沿った断面図である。

【図5】本実施形態に係る固体撮像装置の効果を説明するための図である。

【図6】本実施形態に係る固体撮像装置の製造において、 $n^-$ 不純物領域の形成工程までを示す断面図である。

【図7】図6に続く、電荷転送部およびチャネルストップ

パの形成工程までを示す断面図である。

【図8】図7に続く、受光部の形成工程までを示す断面図である。

【図9】図8に続く、平坦化膜の形成工程までを示す断面図である。

【図10】図9に続く、オンチップカラーフィルタの形成工程までを示す断面図である。

【図11】従来例に係る固体撮像装置の撮像部の中央部における断面図である。

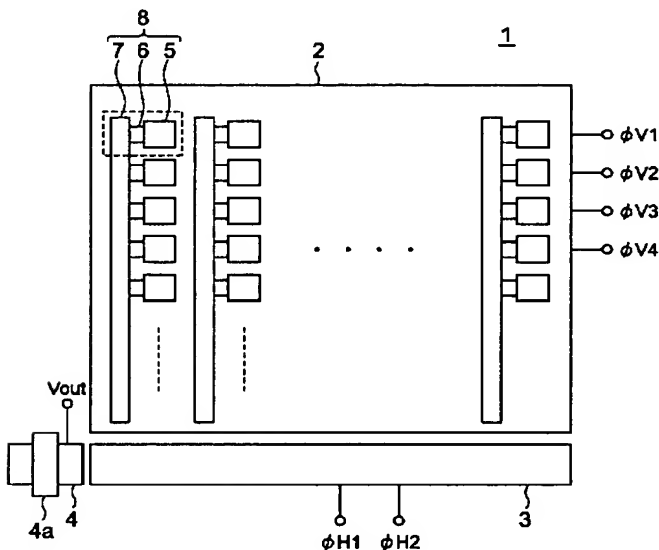
【図12】従来例に係る固体撮像装置の撮像部の周辺部における断面図である。

【図13】従来例に係る固体撮像装置の受光部のプロファイルを示す図である。

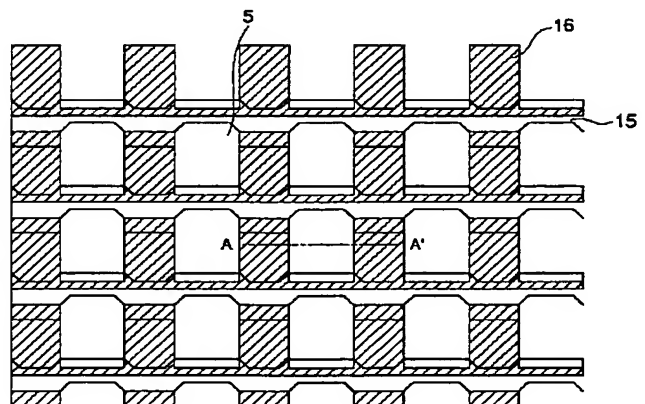
#### 【符号の説明】

1…固体撮像装置、2…撮像部、3…水平転送部、4…出力部、4a…電荷-電圧変換部、5, 5'…受光部、5a… $n^+$ 不純物領域、5b… $n^-$ 不純物領域、5c… $p^+$ 不純物領域、6…読み出しゲート部、6a…読み出しゲート部用領域、7…垂直転送部、8…画素、9…チャネルストップ、10…基板、11… $p$ 型不純物領域、12… $p$ 型ウェル、13…電荷転送部、14, 14a, 14b, 14c…絶縁膜、15…第1転送電極、16…第2転送電極、17…遮光膜、17a…開口部、20…平坦化膜、30…パッシベーション膜、40…オンチップカラーフィルタ、50…オンチップレンズ。

【図1】

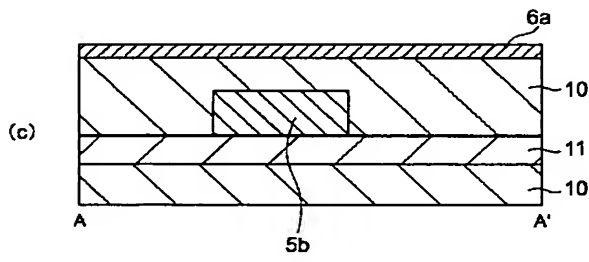


【図2】

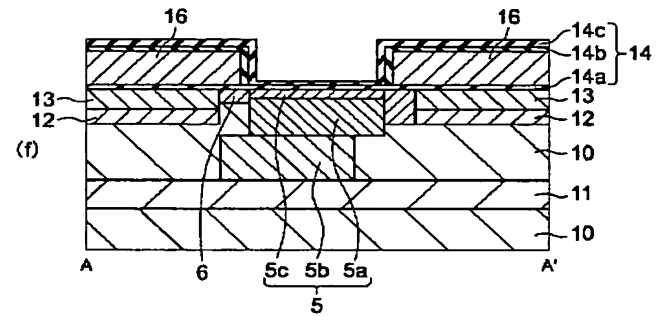
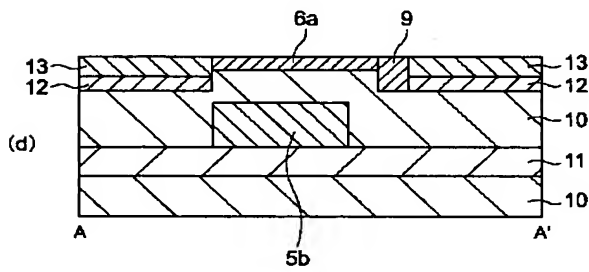
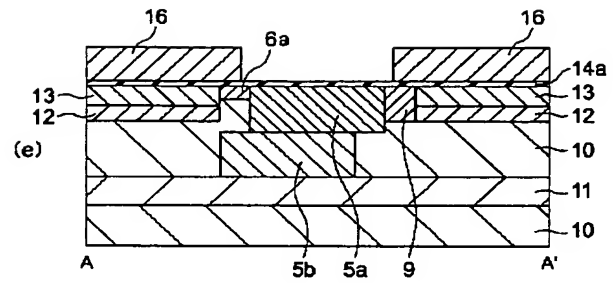




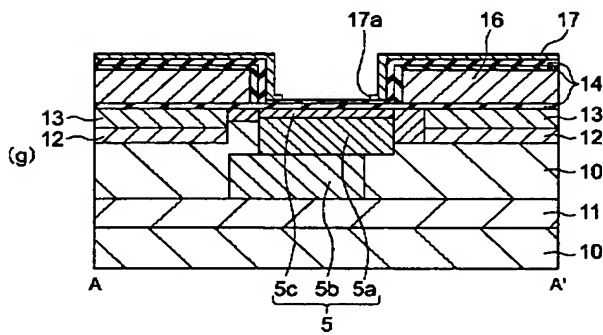
【図 7】



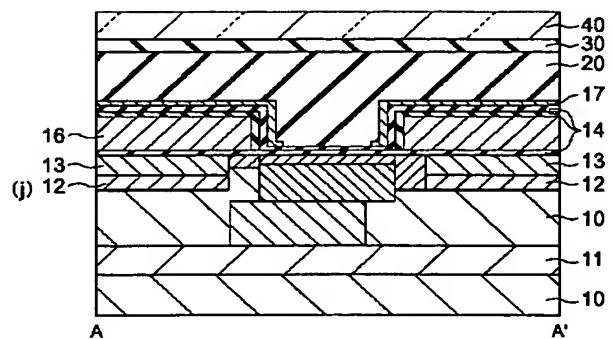
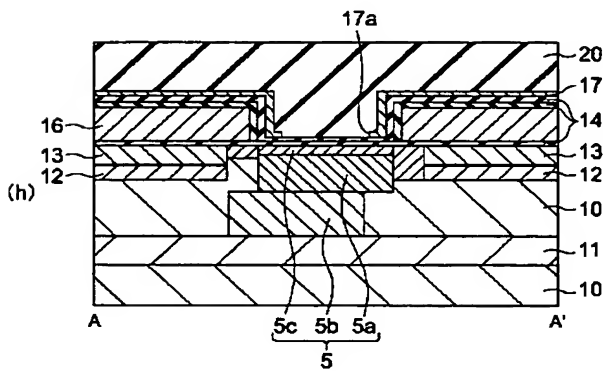
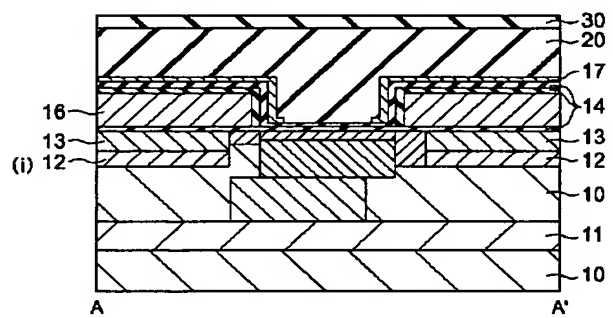
【図 8】



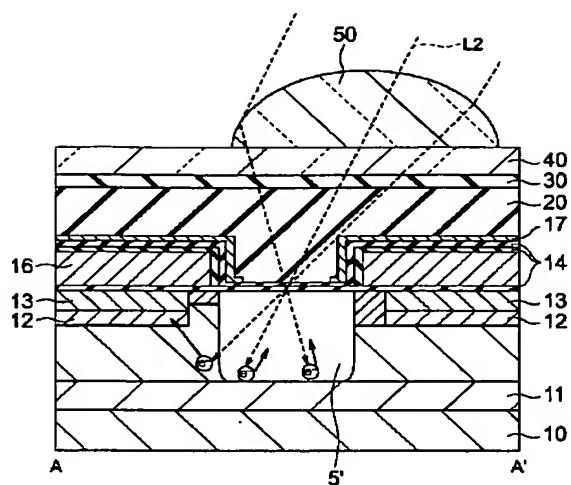
【図 9】



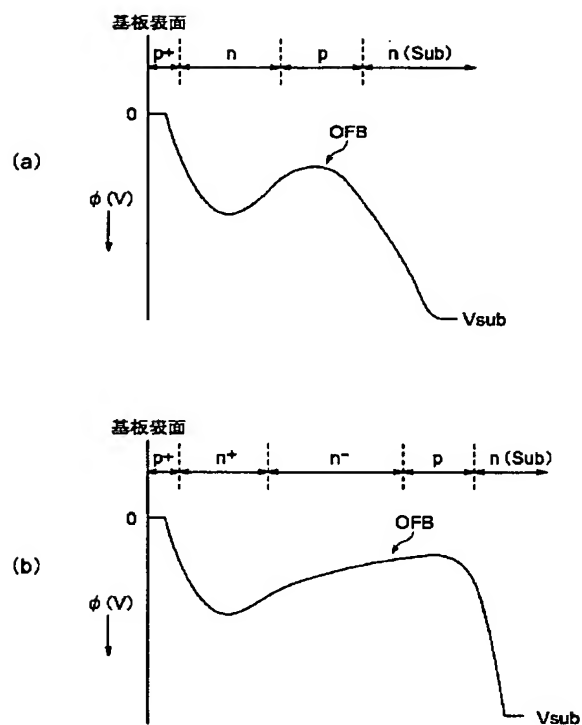
【図 10】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4M118 AA05 AA10 AB01 BA10 CA04  
 CA26 CA34 CA40 CB14 DA03  
 DA18 DB06 DB08 EA01 EA07  
 EA15 EA16 FA06 FA13 FA26  
 FA35 GB11 GC08 GC09 GD04  
 5C024 CX13 EX43 GY01